PART7 地球環境の進化と変動

目標　地球史における大気中の二酸化炭素や酸素の変動を，生物の進化と関連付けて説明できる

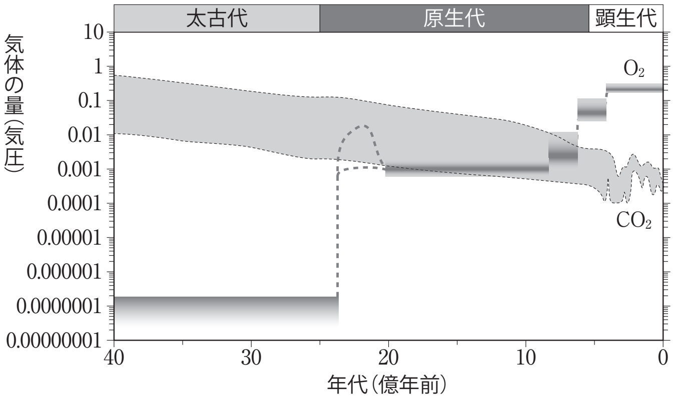
Chapter1　地球環境の進化と変動

1　地球環境の変動と生物

第 9 講では，地球史におけるさまざまなできごとについて学びました。個別の生物などに目を向けていくと，全体の流れがわかりにくくなってきますね。

→　地球の 46 億年の歴史を，改めておさらいしてみましょう！

・**地球史を通した酸素・二酸化炭素の変動**



※

→　O_2 は，（シアノバクテリア / シダ植物）が出現して少し経った原生代初期と，原生代後期～顕生代初期に大きく上昇した。

　CO_2 は，大まかにいえば少しずつ減少してきた。

・**顕生代を通した酸素・二酸化炭素の変動と気温の変化**

O_2 が（増加 / 減少）すると同時に CO_2 が（増加 / 減少）している期間は，光合成植物の繁栄が進んだと考えられる。これは，次ページの図の（デボン紀から石炭紀 / 白亜紀から古第三紀）にみられ，（シダ植物 / 被子植物）が繁栄した時期にあたる。この時期には，温室効果が（強まって / 弱まって），気温は（上昇 / 低下）した。

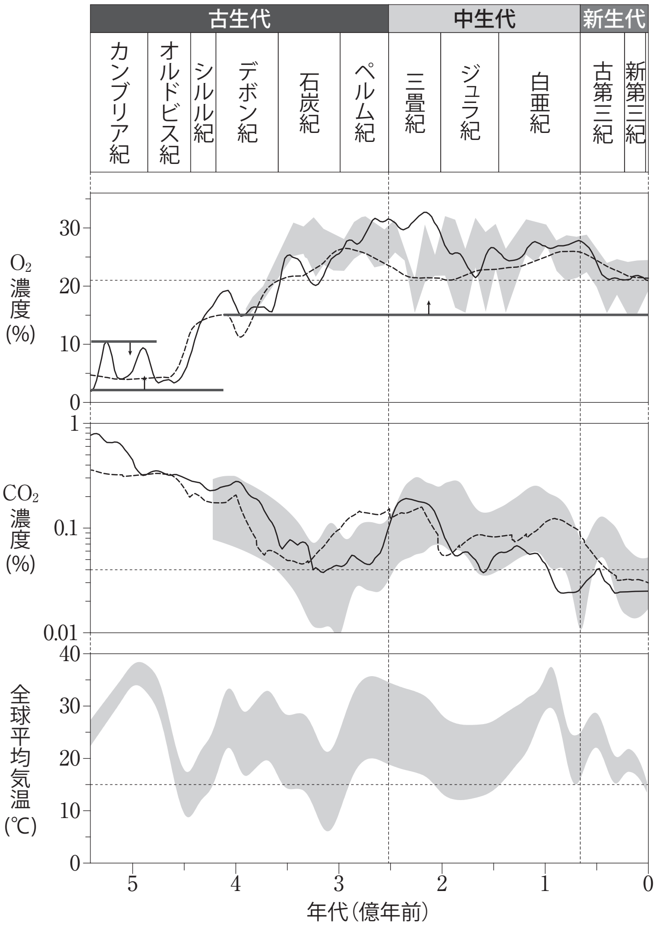
知っておこう

炭素はどこへ消えた

大気中から失われた炭素はどこへ消えたのでしょうか？　一時的に海洋に溶け込ませることはできても，やがて深層循環が 1 周すると大気中に戻ってきてしまいますよね。

答えは，堆積物となり，海洋プレートの沈み込みによってマントルへと運び去られたと考えられています。その一部は火山ガスとして大気に戻ってきますが，残りはマントル深部へと沈み込んでいったのです。

※
Catling, D. C. and K. J. Zahnle (2020) "The Archean atmosphere." Science Advances, 6:eaax1420. から作成



図の説明

O_2 濃度と CO_2 濃度：
実線と破線は，異なる数値モデル〔コンピューターシミュレーション〕の結果を示します。また，灰色の範囲は地層の分析から得られた推定値の範囲です。O_2 濃度の図中の矢印は，上限や下限が地層の分析から推定されていることを示します。

全球平均気温：
灰色の範囲は地層の分析から得られた推定値の範囲です。

→ 全球平均気温は, ほとんどの期間で現在より高かった。また, 気温は CO_2 と似たような変化の傾向を示す。

特に温暖だったことが確実視されているのが白亜紀で，この時期には高緯度の海水まで暖かかったことが知られている。温暖な環境に生息する底生有孔虫の（フズリナ ／ ヌンムリテス）が繁栄したペルム紀後期や（フズリナ ／ ヌンムリテス）が繁栄した古第三紀前期も，温暖な時期だったと考えられている。

反対に，特に寒冷化したオルドビス紀，石炭紀，第四紀には，高緯度の大陸に氷床が発達した。

まとめ

地球史上, O_2 は段階的に増加, CO_2 は少しずつ減少してきた。顕生代の気温は基本的に現在より高かった。例外的に寒冷化したオルドビス紀, ＿＿＿紀，第四紀には，大陸に氷床が発達した。

知っておこう

草原と哺乳類

古第三紀から現在にかけては，大まかにいえば寒冷化してきました。この寒冷化にともなって大陸では乾燥化が起こり，森林に代わってイネ科の被子植物などによる草原が発達しました。草原に生息する哺乳類が多様化したのはこの時期です！

Chapter2　演習問題

□　炭素のつり合い

デボン紀から石炭紀にかけては，大型のシダ植物が繁栄したために大気中の O_2 が増加，CO_2 が減少しました。植物は光合成を行うから，それは当たり前……かというと，実はそういうわけでもありません。地球の表層における炭素のつり合いについて，少し考えてみましょう。

問題(1)　シダ植物は，光合成によって自分自身の体のもととなるデンプンをつくっています。デンプンを消費する呼吸も行っていますが，一生の間でみると正味で次のような光合成の反応を行っているといえます。

光合成　$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$

一方，そのシダ植物が死ぬと，土壌中では微生物がシダ植物の遺がいを分解します。これは，微生物が酸素を用いてエネルギーを得る呼吸の反応で，次のように表されます。

呼吸　$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O$

これらのことを説明した次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

シダ植物が光合成によって１分子のグルコースをつくるとき，大気中に（1 / 6）分子の O_2 を放出する。また，微生物が呼吸のために１分子のグルコースを消費するごとに（1 / 6）分子の O_2 を消費する。

CO_2 についても同じように考えることができる。シダ植物が光合成によって１分子のグルコースをつくるとき，大気中から（1 / 6）分子の CO_2 を消費する。また，微生物が呼吸の

講師からのMessage

「この人つり合い好きだなぁ」と思ったかもしれません。でも，「収支のつり合い」というのは，気象分野，そして地学基礎に限ったことではなく，どこでも使える考え方ですよ！

☞　光合成や呼吸の化学反応式は「生物」で学習するもので，どちらも生物の中の複数の化学反応をまとめて表したものです。

ために 1 分子のグルコースを消費するごとに，（1 / 6）分子の CO_2 を放出する。

問題⑵　⑴をふまえて，光合成と呼吸による大気の変化に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

シダ植物の遺がいが微生物によって完全に分解されるとすれば，シダ植物が大気中に放出した O_2（と同じ / の 6 倍の）量の O_2 が，微生物によって大気中から消費される。つまり，大気中の O_2 の量は（変化しない / 減少する）。

また，シダ植物の遺がいが微生物によって完全に分解されるとすれば，シダ植物が大気中から吸収した CO_2（と同じ / の 6 倍の）量の CO_2 が，微生物によって大気中に放出される。つまり，大気中の CO_2 の量は（変化しない / 増加する）。

問題⑶　⑴，⑵をふまえて，デボン紀から石炭紀にかけての大気の変化に関連して述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

この時期に大気中の O_2 が増加し，CO_2 が減少したということは，シダ植物の遺がいが分解され（やすかった / にくかった）ということに対応すると考えられる。つまり，シダ植物の光合成によって生成されるグルコースよりも，微生物の呼吸によって消費されるグルコースの方が少なかったと推定できる。これは，大型のシダ植物のもつかたい組織を分解できる微生物が，この時代にはまだ出現していなかったことと関係していると考えられている。分解されずに残った遺がいは，地下で（続成作用 / 変成作用）を受けて（石油 / 石炭）となった。

第9講　PART7　確認問題

問１　地球史を通した大気中の酸素と二酸化炭素の濃度に注目すると，a 酸素は段階的に増加し，二酸化炭素は（　ア　）してきた。また，気温は，顕生代のほとんどの期間を通して，b 現在よりも高かった。

⑴　下線部ａに関して，原生代初期に酸素の増加をもたらした生物として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　コケ植物　　②　被子植物　　③　シアノバクテリア　　④　シダ植物

⑵　空欄アにあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選びなさい。

①　増加　　②　一定の濃度を維持

③　減少

⑶　下線部ｂに関して，特に気温が高かったと考えられている時期として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　デボン紀　　②　三畳紀　　③　ジュラ紀　　④　白亜紀

⑷　顕生代において，例外的に寒冷化した時期として**誤っているもの**を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　オルドビス紀　　②　石炭紀　　③　ジュラ紀　　④　第四紀

< Note >

第９講　地球と生命の進化

PART1　地層や岩石のできた順序

問題(1)　整合　　問題(2)　岩脈　　問題(3)　後，後，後

問題(4)　ユニット A → 断層 → 玄武岩 → 不整合面 → ユニット B

PART2　地質時代

問題(1)　古生代，古生代

問題(2)　直後

PART3　先カンブリア時代の地球環境

問題(1)　木星型惑星，大きい　　問題(2)　侵食作用，冥王代

PART4　古生代・中生代の生物

問題(1)　シダ植物・裸子植物・被子植物，ひれ，石炭紀

問題(2)　白亜紀

PART5　大量絶滅

問題(1)　不整合

問題(2)　石炭紀～ペルム紀，三畳紀

問題(3)　【※図参照】

PART6　新生代の生物

問題(1)　2800 万 km^3　　問題(2)　2600 万 km^3

問題(3)　3 億 6000 万 km^2　　問題(4)　72 m

PART7　地球環境の進化と変動

問題(1)　６，６，６，６

問題(2)　と同じ，変化しない，と同じ，変化しない

問題(3)　にくかった，続成作用，石炭

第 9 講　PART7　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：
原生代初期に大気中の酸素が増加したことは，シアノバクテリアの酸素発生型光合成による。

（2）　③

解説：
大気中の二酸化炭素濃度は大まかには少しずつ減少してきた。

（3）　④

解説：
中生代最後の白亜紀は特に温暖な気候が続いた。

（4）　③

解説：
顕生代の気温はほとんどの期間で現在より高かったが，例外的にオルドビス紀後期，石炭紀の終わりからペルム紀のはじめ，第四紀は寒冷化し，大陸に氷床が発達した。